



①9 BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENTAMT

⑫ Off nlegungs chrift
⑩ DE 196 07 086 A 1

⑤1 Int. Cl. 6:
G 01 C 9/06
G 01 C 9/18

②1 Aktenzeichen: 196 07 086.4
②2 Anmeldetag: 24. 2. 96
④3 Offenlegungstag: 28. 8. 97

DE 196 07 086 A 1

⑦1 Anmelder:
TEMIC TELEFUNKEN microelectronic GmbH, 74072
Heilbronn, DE

⑦2 Erfinder:
Bichlmaier, Günther, Dipl.-Ing. (FH), 90518 Altdorf,
DE

⑤6 Für die Beurteilung der Patentfähigkeit
in Betracht zu ziehende Druckschriften:

- DE 43 20 494 C1
- DE 40 13 507 C2
- DE 96 39 284 A1
- DE 40 36 262 A1
- DE 28 09 240 A1
- US 54 25 179

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

⑤4 Neigungssensor

⑤7 Beschrieben wird ein optischer Neigungssensor mit einer Sendeeinheit zur Emission von Sendestrahlung, einer Empfangseinheit zur Detektion von Empfangsstrahlung, einem in der Übertragungsstrecke zwischen Sendeeinheit und Empfangseinheit angeordneten Gehäuse zur Aufnahme von zwei im Gehäuseinnern angeordneten, durch eine Grenzschicht voneinander getrennten, fluiden Medien mit unterschiedlichem Brechungsindex, und einem starr mit der Gehäusewand verbundenen, mit den beiden fluiden Medien jeweils eine Grenzfläche bildenden Optikkörper. Form und Brechungsindex des Optikkörpers sind so gewählt, daß die optischen Eigenschaften bezüglich Reflexion und/oder Brechung an der Grenzfläche des Optikkörpers zum ersten fluiden Medium von den optischen Eigenschaften bezüglich Reflexion und/oder Brechung an der Grenzfläche des Optikkörpers zum zweiten fluiden Medium unterschiedlich sind. Durch Auswertung des Verhältnisses der Strahlungsleistung der Empfangsstrahlung zur Strahlungsleistung der Sendestrahlung kann der Neigungswinkel bestimmt werden.

DE 196 07 086 A 1

Die folgenden Angaben sind dem Anmelder entnommen

Neigungssensoren dienen zur Bestimmung der Winkelabweichung eines Gegenstandes von der Horizontalen, insbesondere zur Messung von Neigungswinkeln relativ zur Erdoberfläche; Neigungssensoren finden in zunehmendem Maße vielfältige Verbreitung, bsp. im Maschinenbau, im Flugzeugbau, im Consumer-Bereich (elektronische Wasserwaage) sowie im Kfz-Bereich (Diebstahlwarnanlagen als Abschleppschutz, Überroll-Schutzsysteme für Geländefahrzeuge oder Cabrios). Zur Messung des Neigungswinkels verwendet werden üblicherweise mechanische Neigungssensoren — diese detektieren die Neigung durch Auswertung der Bewegung (Gravitation oder Beschleunigung) eines in definierter Position fest mit dem Gegenstand verbundenen Massekörpers, wobei die Miniaturisierungsbestrebungen Rechnung tragende mikro-mechanische Neigungssensoren bereits in der Entwicklung sind — oder elektro-chemische Neigungssensoren — diese detektieren die Neigung durch Auswertung der elektrischen Eigenschaften einer in definierter Position fest mit dem Gegenstand verbundenen leitfähigen Flüssigkeit, bsp. über eine Messung (der Variation) des Widerstands oder der Kapazität.

Mechanische Neigungssensoren arbeiten aufgrund von Reibungseffekten jedoch nur mit geringer Winkelauflösung bzw. müssen sehr präzise gefertigt werden und sind somit teuer, ebenso die aufwendig und nur in geringen Stückzahlen gefertigten mikro-mechanischen Neigungssensoren; elektro-chemische Neigungssensoren benötigen meist inerte Elektroden (häufig aus Platin) und exotische Flüssigkeiten (Elektrolyte), sind dadurch teuer, bedenklich bezüglich Umweltverträglichkeit und haben eine geringe Lebensdauer.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, einen kostengünstigen Neigungssensor mit einfachem Aufbau anzugeben, bei dem diese Nachteile der mechanischen und elektro-chemischen Neigungssensoren vermieden werden.

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß durch die Merkmale im Kennzeichen des Patentanspruchs 1 gelöst.

Vorteilhafte Weiterbildungen und Ausgestaltungen der Erfindung ergeben sich aus den Unteransprüchen.

Beim vorgestellten "optischen" Neigungssensor sind in einem Gehäuse zwei verschiedene fluide Medien (Flüssigkeiten und/oder Gase) mit unterschiedlichem Brechungsindex angeordnet, die jeweils einen vorgegeben Teil des Gehäuseinnern ausfüllen und die voneinander durch eine Grenzschicht eindeutig separiert sind; die von einer sich außerhalb des Gehäuses befindlichen Sendeeinheit emittierte Sendestrahlung (bsp. sichtbare Strahlung oder IR-Strahlung) wird über einen sich in der optischen Übertragungsstrecke befindlichen, mit der Gehäusewand starr verbundenen und mit den beiden fluiden Medien jeweils eine definierte Grenzfläche bildenden Optikkörper den (vorzugsweise gesamten) Grenzflächen der beiden fluiden Medien mit dem Optikkörper zugeführt; die unter Verwendung des Optikkörpers aus dem Gehäuse ausgekoppelte Strahlung wird als Empfangsstrahlung von einer in einer definierten Position bezüglich des Gehäuses und der Sendeeinheit bzw. einer vorgegebenen Raumrichtung angeordneten Empfangseinheit detektiert und mittels einer Auswerteeinheit ausgewertet. Die Brechungsindizes der beiden sich im Gehäuseinnern befindlichen fluiden Medien und der Brechungsindex sowie die Ausgestaltung (insbeson-

dere die Form) des Optikkörpers werden so gewählt, daß für die Wellenlänge der Sendestrahlung an der Grenzfläche des Optikkörpers zum ersten fluiden Medium und an der Grenzfläche des Optikkörpers zum zweiten fluiden Medium unterschiedliche optische Eigenschaften (bezüglich Reflexion/Brechung) bestehen (bsp. trifft an der Grenzfläche des Optikkörpers zum ersten fluiden Medium Totalreflexion, an der Grenzfläche des Optikkörpers zum zweiten fluiden Medium dagegen keine Totalreflexion auf); demzufolge wird ein von der Lage (insbesondere der Neigung) des Gehäuses bzw. der Lage (Neigung) des Optikkörpers abhängiger Anteil der in das Gehäuse eingekoppelten Sendestrahlung reflektiert und/oder gebrochen. Die Strahlungsleistung der durch den Optikkörper aus dem Gehäuse in eine bestimmte Raumrichtung ausgekoppelten Strahlung ist somit ein direktes Maß für die Neigung des Gehäuses bzw. des Optikkörpers: bei einer Neigung des Gehäuses verschiebt sich die Grenzschicht der beiden fluiden Medien bezüglich der Gehäusewand bzw. bezüglich des Optikkörpers und damit auch die jeweilige von den beiden fluiden Medien zum Optikkörper eingenommene Grenzfläche, so daß die optischen Verhältnisse bezüglich Reflexion/Brechung geändert werden und damit auch die Strahlungsleistung der durch den Optikkörper aus dem Gehäuse in eine bestimmte Raumrichtung ausgekoppelten Strahlung variiert wird; die relative Strahlungsleistung, d. h. das Verhältnis der Strahlungsleistung der von der in einer vorgegebenen Raumrichtung angeordneten Empfangseinheit detektierten Empfangsstrahlung bezüglich der Strahlungsleistung der von der Sendeeinheit emittierten Sendestrahlung, ist demnach in charakteristischer Weise vom Neigungswinkel des Gehäuses bzw. des Optikkörpers gegenüber der Horizontalen abhängig, so daß die Strahlungsleistung der von der Empfangseinheit detektierten Empfangsstrahlung oder die relative Strahlungsleistung einem ganz bestimmten Neigungswinkel des Gehäuses zugeordnet werden kann.

Der Aggregatzustand und das Material der beiden fluiden Medien im Gehäuseinnern, das Gesamtfüllvolumen der beiden fluiden Medien und deren jeweiliger Anteil am Gesamtfüllvolumen (relatives Füllvolumen) können abhängig vom Einsatzgebiet des Neigungssensors und/oder anhand der gewünschten optischen Eigenschaften (Transparenz) des Neigungssensors und/oder anhand des Benetzungsvermögens der beiden fluiden Medien gewählt werden; vorzugsweise entspricht das Gesamtfüllvolumen der beiden fluiden Medien dem Gehäusevolumen im Gehäuseinnern, d. h. die beiden fluiden Medien füllen das Gehäuseinnere vollständig aus, vorzugsweise ist das relative Füllvolumen (der relative Anteil) der beiden fluiden Medien ungefähr gleich groß, d. h. das Gehäuseinnere ist mit jedem der beiden fluiden Medien etwa zur Hälfte ausgefüllt, und vorzugsweise ist das erste fluide Medium als Gas und das zweite fluide Medium als Flüssigkeit ausgebildet, da zwischen einer Flüssigkeit und einem Gas eine eindeutig definierte Grenzschicht gegeben ist. Der Optikkörper kann entweder vom Gehäuse selbst (der Gehäusewand) gebildet werden oder ins Gehäuseinnere geführt werden: bsp. ist die gesamte Gehäuse(innen)wand als Retroreflektor oder prismatischer Körper ausgebildet, der die von der Sendeeinheit emittierte Sendestrahlung unter einem bestimmten Grenzwinkel in das Gehäuseinnere einkoppelt (beim Überschreiten des Grenzwinkels wird die Sendestrahlung totalreflektiert, d. h. vom Optikkörper wieder direkt ausgekoppelt); oder bsp. wird die von der

Sendeeinheit emittierte Sendestrahlung mittels eines (vorzugsweise ein Bogensegment mit vorgegebener Krümmung aufweisenden) Lichtleiters in das Gehäuseinnere eingekoppelt und wieder aus dem Gehäuseinnern zur Empfangseinheit ausgekoppelt. Die Sendeeinheit emittiert die Sendestrahlung bsp. mittels einer Sendodiode, die Empfangseinheit detektiert die Empfangsstrahlung bsp. mittels einer an die Wellenlänge der Sendestrahlung angepaßten Empfangsdiode; als Sendestrahlung kann elektromagnetische Strahlung beliebiger Wellenlänge verwendet werden, bsp. liegt die Wellenlänge im sichtbaren Bereich oder im IR-Bereich. Die der Empfangseinheit nachgeschaltete Auswerteeinheit (bsp. ein Mikroprozessor) bestimmt aus dem Verhältnis der Strahlungsleistung der Empfangsstrahlung zur Strahlungsleistung der Sendestrahlung den Neigungswinkel.

Der vorgestellte optische Neigungssensor vereinigt mehrere Vorteile in sich:

- er besitzt einen einfachen Aufbau und kann auf einfache Weise und kostengünstig hergestellt werden,
- er liefert ein weitgehend störungsfreies, signifikantes, eindeutiges und charakteristisches Ausgangssignal, mit dem sich der Neigungswinkel auf einfache Weise bestimmen läßt,
- er besitzt eine lange Lebensdauer mit konstanten Eigenschaften, da weder Reibungseffekte noch Verschleiß auftreten,
- bezüglich des Einsatzgebietes bestehen keine Beschränkungen, da der Neigungssensor unempfindlich gegenüber EMV-Strahlung ist, auch in explosionsgefährdeten Räumen eingesetzt werden kann und eine gute Umweltverträglichkeit besitzt.

Der optische Neigungssensor soll im weiteren anhand der Zeichnung mit den Fig. 1 und 2 beschrieben werden, in denen zwei verschiedene Ausführungsbeispiele des Neigungssensors dargestellt sind.

Gemäß der Fig. 1 ist in der optischen Übertragungsstrecke 30 zwischen Sendeeinheit 10 und Empfangseinheit 20 ein quaderförmiges Gehäuse 40 (Maße bsp. $20 \times 20 \times 10$ mm, Gehäusevolumen V_G bsp. 4000 mm^3) angeordnet; der Optikkörper 50 (Brechungsindex n_0) ist durch die als Retroreflektor ausgebildete Gehäusewand 41 realisiert, d. h. die Innenseite 42 der Gehäusewand 41 weist in Form von "Würfecken" ausgebildete prismatische Körper 53 auf. Im Gehäuseinnern 43 ist ein erstes, bsp. als Gas (bsp. Kohlendioxid) ausgebildetes fluides Medium 60 mit dem Brechungsindex n_1 ($n_1 = 1$ für Kohlendioxid) und ein zweites, bsp. als Flüssigkeit (bsp. Wasser) ausgebildetes fluides Medium 70 mit dem Brechungsindex n_2 ($n_2 = 1,33$ für Wasser) derart angeordnet, daß das relative Füllvolumen V_1 des ersten Mediums 60 so groß wie das relative Füllvolumen V_2 des zweiten fluiden Mediums 70 ist, daß die Summe aus relativem Füllvolumen V_1 und relativem Füllvolumen V_2 als Gesamtfüllvolumen dem Gehäusevolumen V_G entspricht und daß zwischen dem ersten fluiden Medium 60 und dem zweiten fluiden Medium 70 eine definierte Grenzschicht 80 (Grenzfläche) entsteht (bsp. $V_1 = 2000 \text{ mm}^3$, $V_2 = 2000 \text{ mm}^3$, $V_G = V_1 + V_2 = 4000 \text{ mm}^3$).

Die von der Sendeeinheit 10 emittierte Sendestrahlung S_{10} wird dem Retroreflektor 50 (der Gehäusewand 41) an der der Sendeeinheit 10 und der Empfangseinheit 20 zugewandten Oberflächenseite 44 des Gehäuses 40

zugeführt; die Form bzw. Oberfläche und Material (z. B. Polycarbonat PC) des Retroreflektors 50 sowie die Brechungsindizes n_0 , n_1 , n_2 von Retroreflektor 50, erstem fluiden Medium 60 und zweitem fluiden Medium 70 sind so gewählt und derart aufeinander abgestimmt (bsp. $n_0 = 1,6$; $n_1 = 1,0$; $n_2 = 1,33$), daß der Anteil S_{101} der auf die Grenzfläche 51 des Retroreflektors 50 zum ersten fluiden Medium 60 auftreffenden Sendestrahlung S_{10} totalreflektiert wird, der Anteil S_{102} der auf die Grenzfläche 52 des Retroreflektors 50 zum zweiten fluiden Medium 70 auftreffenden Sendestrahlung S_{10} jedoch in das zweite fluides Medium 70 gebrochen wird. Nur der aufgrund der Totalreflexion als reflektierte Strahlung S_{20} auf der der Empfangseinheit 20 zugewandten Oberflächenseite 44 des Gehäuses 40 gebildete Anteil der Sendestrahlung S_{10} kann von der Empfangseinheit 20 detektiert werden, während der aufgrund der Brechung als gebrochene Strahlung S_{70} gebildete Anteil der Sendestrahlung S_{10} das Gehäuse 40 auf der der Empfangseinheit 20 entgegengesetzten Oberflächenseite 45 verläßt und somit von der Empfangseinheit 20 nicht detektiert werden kann. Bei horizontaler Stellung des Gehäuses 40 bzw. des Retroreflektors 50 und damit des Neigungssensors (Fig. 1a) wird die Grenzfläche 51 des Optikkörpers 50 zum ersten fluiden Medium 60 maximal und hierdurch ein maximaler Anteil der Sendestrahlung S_{10} zur Empfangseinheit 20 reflektiert (die Strahlungsleistung der reflektierten Strahlung S_{20} ist maximal), d. h. eine maximale Empfangsstrahlung S_{20} von der Empfangseinheit 20 detektiert. Bei einer Neigung des Gehäuses 40 bzw. des Retroreflektors 50 und damit des Neigungssensors (Fig. 1b) um den Neigungswinkel α ändert sich der Anteil der beiden Grenzflächen 51, 52 des Retroreflektors 50 zu den beiden fluiden Medien 60, 70 und somit auch die Strahlungsleistung der reflektierten und von der Empfangseinheit 20 detektierten Empfangsstrahlung S_{20} analog zum Neigungswinkel α . Bsp. ist bei einer horizontalen Stellung des Gehäuses 40 bzw. des Optikkörpers 50 die Strahlungsleistung der Empfangsstrahlung S_{20} halb so groß wie die Strahlungsleistung der gesamten Sendestrahlung S_{10} (d. h. $S_{20} = 0,5 \cdot S_{10}$); bei einem Neigungswinkel α von 45° gegenüber der Horizontalen beträgt die Strahlungsleistung der Empfangsstrahlung S_{20} dagegen nurmehr 30% der Strahlungsleistung der Sendestrahlung S_{10} (d. h. $S_{20} = 0,3 \cdot S_{10}$).

Gemäß der Fig. 2 ist in der optischen Übertragungsstrecke 30 zwischen Sendeeinheit 10 und Empfangseinheit 20 ein zylindrisch-halbkugelförmiges Gehäuse 40 (Grundzylinder mit halbkugelförmiger Gehäusekappe) angeordnet (beispielhafte Maße: Durchmesser 10 mm; Gesamthöhe 15 mm; Gehäusevolumen V_G 1045 mm^3). Der Optikkörper 50 (Brechungsindex n_0) ist durch einen im Gehäuseinnern 43 geführten und mit der Gehäusewand 41 starr verbundenen Lichtleiter (Glasfaser) realisiert; der Lichtleiter 50 weist ein Bogensegment 54 mit einem vorgegebenen Krümmungsradius r_K auf, so daß der Lichtleiter 50 auf der Unterseite 46 des Gehäuses 40 sowohl in das Gehäuseinnere 43 eintritt als auch aus dem Gehäuseinnern 43 austritt. Im Gehäuseinnern 43 ist ein erstes, bsp. als Gas (bsp. Luft) ausgebildetes fluides Medium 60 mit dem Brechungsindex n_1 und ein zweites, bsp. als Flüssigkeit (bsp. Wasser) ausgebildetes Medium 70 mit dem Brechungsindex n_2 derart angeordnet, daß die Füllhöhe des zweiten Mediums 70 gerade dem Zylindervolumen des Gehäuses 40 entspricht (Zylinderhöhe bsp. 10 mm, $V_2 = 785 \text{ mm}^3$) und das erste Medium 60 die halbkugelförmige Gehäusekappe ausfüllt ($V_1 = 260 \text{ mm}^3$; $V_G = V_1 + V_2 = 1045 \text{ mm}^3$).

Die von der Sendeeinheit 10 emittierte Sendestrahlung S_{10} wird mittels des Lichtleiters 50 durch das Gehäuseinnere 43 durchgeführt und der aus dem Gehäuseinnern 43 ausgekoppelte und in der Empfangseinheit 20 eintreffende Anteil der Sendestrahlung S_{10} als Empfangsstrahlung S_{20} detektiert; Form (Krümmungsradius r_K , Durchmesser d_0) und Material (Brechungsindex n_0) des Lichtleiters 50, die Anordnung der Strahlungseinkopplung in den Lichtleiter 50 (Apertur, Brechungsindex der Einkopplung) sowie die Brechungsindizes n_1 , n_2 von erstem fluiden Medium 60 und zweitem fluiden Medium 70 sind so gewählt und derart aufeinander abgestimmt (bsp. $r_K = 4$ mm; $d_0 = 1$ mm; $n_0 = 1,5$; $n_1 = 1,0$; $n_2 = 1,33$), daß bei einer horizontalen Position des Gehäuses 40 bzw. Lichtleiters 50 und damit des Neigungssensors (Fig. 2a) die Totalreflexion der Sendestrahlung S_{10} im Lichtleiter 50 an den beiden Grenzflächen 51, 52 zu den beiden fluiden Medien 60, 70 (insbesondere aber im Bogensegment 54 des Lichtleiters 50) teilweise aufrechterhalten bleibt, wodurch in der Empfangseinheit 20 die maximal mögliche Empfangsstrahlung S_{20} detektiert wird (d. h. die Strahlungsleistung der Empfangsstrahlung S_{20} ist maximal). Bei einer Neigung des Gehäuses 40 bzw. des Lichtleiters 50 und damit des Neigungssensors (Fig. 2b) um den Neigungswinkel α ändert sich der Anteil der Grenzflächen 51, 52 des Lichtleiters 50 zu den beiden fluiden Medien 60, 70 (insbesondere im Bogensegment 54 des Lichtleiters 50), wodurch die Totalreflexion im Lichtleiter 50 stärker gestört wird und demzufolge die von der Empfangseinheit 20 detektierte Strahlungsleistung der Empfangsstrahlung S_{20} analog zum Neigungswinkel α verringert wird. Bsp. wird bei einer horizontalen Stellung des Gehäuses 40 bzw. des Lichtleiters 50 80% der Strahlungsleistung der Sendestrahlung S_{10} von der Empfangseinheit 20 als Strahlungsleistung der Empfangsstrahlung S_{20} detektiert (d. h. $S_{10} = 0,8 \cdot S_{20}$), bei einem Neigungswinkel α von 45° gegenüber der Horizontalen beträgt die Strahlungsleistung der Empfangsstrahlung S_{20} dagegen nurmehr 50% der Strahlungsleistung der Sendestrahlung S_{10} (d. h. $S_{20} = 0,5 \cdot S_{10}$).

Patentansprüche

1. Neigungssensor mit:
 - einer Sendeeinheit (10) zur Emission von Sendestrahlung (S_{10}),
 - einer Empfangseinheit (20) zur Detektion von Empfangsstrahlung (S_{20}),
 - einem in der Übertragungsstrecke (30) zwischen Sendeeinheit (10) und Empfangseinheit (20) angeordneten Gehäuse (40) zur Aufnahme von zwei im Gehäuseinnern (43) angeordneten, durch eine Grenzschicht (80) voneinander getrennten, fluiden Medien (60, 70) mit unterschiedlichem Brechungsindex (n_1 , n_2) und vorgegebenem relativen Füllvolumen (V_1 , V_2),
 - einem starr mit mindestens einer Gehäusewand (41) verbundenen, mit den beiden fluiden Medien (60, 70) jeweils eine Grenzfläche (51, 52) bildenden Optikkörper (50), dessen Form und Brechungsindex (n_0) so gewählt sind, daß die optischen Eigenschaften bezüglich Reflexion und/oder Brechung an der Grenzfläche (51) des Optikkörpers (50) zum ersten fluiden Medium (60) von den optischen Eigenschaften bezüglich Reflexion und/oder Brechung an der Grenzfläche (52) des Optikkörpers (50) zum

zweiten fluiden Medium (70) unterschiedlich sind.

2. Neigungssensor nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß das relative Füllvolumen (V_1) des ersten fluiden Mediums (60) und das relative Füllvolumen (V_2) des zweiten fluiden Mediums (70) annähernd gleich groß sind.
3. Neigungssensor nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Summe der relativen Füllvolumina (V_1 , V_2) der beiden fluiden Medien (60, 70) als Gesamtfüllvolumen dem Gehäusevolumen (V_G) im Gehäuseinnern (43) entspricht.
4. Neigungssensor nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß das erste fluide Medium (60) als Gas und das zweite fluide Medium (70) als Flüssigkeit ausgebildet ist.
5. Neigungssensor nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß der Optikkörper (50) als Retroreflektor ausgebildet ist.
6. Neigungssensor nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, daß die Innenseite (42) der Gehäusewand (41) durch prismatische Körper (53) realisiert ist.
7. Neigungssensor nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß der Optikkörper (50) als Lichtleiter ausgebildet ist.
8. Neigungssensor nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, daß der Lichtleiter (50) ein Bogensegment (54) mit vorgegebenem Krümmungsradius (r_K) aufweist, und daß der Lichtleiter (50) auf der gleichen Oberflächenseite (46) des Gehäuses (40) durch die Gehäusewand (41) in das Gehäuseinnere (43) eintritt und aus dem Gehäuseinnern (43) austritt.

Hierzu 2 Seite(n) Zeichnungen



